

学校编码: 10384

分类号_____密级____

学 号: 200431015

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于模糊控制和遗传算法的

交叉口智能控制

Intersection intelligent control

based on Fuzzy Control and Genetic Algorithm

胡艳艳

指导教师姓名: 蔡建立 教授

专 业 名 称: 控制理论与控制工程

论文提交日期: 2007 年 5 月

论文答辩时间: 2007 年 6 月

学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2007 年 月

厦门大学博士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。
本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ☒ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

摘 要

随着城市化进程的逐步加快,城市交通问题已经成为中国各大城市共同面对的难题。交叉口是城市道路的交汇点,城市交通拥挤往往突出表现在城市道路的交叉口处。我国目前的交通信号控制系统以单点控制为主,主线信号控制、区域信号控制较少。因此,要提高我国城市道路交叉口的通行能力,首要任务是提高单交叉口的通行能力。

本文采用模糊控制和遗传算法相结合的智能控制技术对单交叉口信号进行控制,以尽量减小交叉口的排队长度为控制目标,设计了多相位自适应模糊控制器。具体的内容包括:

一、详细介绍了交通信号控制的主要参数、性能指标以及目前常用的交通信号控制方法及其存在的问题,阐明了研究交叉口信号控制的意义。

二、研究了模糊控制的基本理论及其在交叉口控制中的应用,重点介绍了一种以尽量消除排队、使车辆排队最小为控制目标的单交叉口多相位经典模糊控制器。

三、针对经典模糊控制器的缺陷,研究了多相位两级模糊控制器。两级模糊控制系统易于提取模糊规则,能有效地减少控制规则数,且综合考虑了绿灯延长时间和相位顺序对控制性能的影响。

四、针对经典模糊控制器的缺陷,设计了基于遗传算法的多相位模糊控制器。其中,针对标准遗传算法早熟和收敛速度慢的缺陷,自行设计了一类引入学习过程的新遗传算法,并用惯用的测试函数验证了其有效性;最后,利用新遗传算法寻优模糊控制规则的调整量而非控制规则本身,既避免了不合理规则的产生,又提高了收敛速度。

五、用 MATLAB 仿真,以 4 相位为例,在不同交通条件下对各种控制方式(传统控制方法、多相位经典模糊控制、多相位两级模糊控制和基于遗传算法的多相位模糊控制)进行比较研究。仿真结果验证了两级模糊控制和新遗传算法优化模糊控制的有效性。

最后,总结了全文的工作,并指出了若干有待于今后进一步研究的内容。

关键词: 单交叉口; 模糊控制; 遗传算法

Abstract

With the rapid development of urbanization, the problem of city transportation is becoming bigger and bigger to each city in China. More and more phenomenon indicates that the traffic jams usually take place in the city intersections. This dissertation takes a single intersection as research object because China's transportation control systems are predominant by single-intersection control.

In order to decrease the average length of queues in a single intersection, this dissertation designed several self-adaptive fuzzy controllers by using the intelligent control technologies which combined with Fuzzy Control(FC) and Genetic Algorithm(GA).

The main contents of this dissertation include:

Firstly, the main control parameters, the performance indexes, the meaning of single-intersection control and its traditional methods were explained detailedly.

Secondly, a multiphase classical FC which aimed on decreasing the average length of queues was introduced.

Thirdly, a multiphase two-stage FC was proposed to overcome some drawbacks of classical FC. Not only the fuzzy rules can be acquired easily, but also its numbers can be decreased effectively. The phasic order also can be optimized at the same time.

Fourthly, a multiphase FC based on GA was designed to overcome some drawbacks of classical FC. This part includes: the design of a new GA which inquired a learning process which can effectively overcome the drawbacks of "early maturing" and bad global convergency of classical GA; The optimization of fuzzy rules' adjusting numbers by using the new GA.

Fifthly, all the controllers were simulated by MATLAB and comparison research was fulfilled under different transportation environments. The results showed the superiority of two-stage FC and FC based on new GA.

In the end, summarized the whole work and pointed out the directions of further research.

Key words: single intersection; Fuzzy Control; Genetic Algorithm

目 录

1 绪论	1
1.1 城市交通控制技术发展概述	1
1.2 单交叉口控制研究的意义	3
1.3 单交叉口控制研究现状分析	3
1.3.1 定时（定周期）控制	5
1.3.2 感应控制	5
1.3.3 智能控制	6
1.4 研究目标和内容	8
1.4.1 研究目标	8
1.4.2 研究内容	8
2 交叉口信号控制的基本理论	9
2.1 交通信号控制的主要参数	9
2.2 交叉口控制的主要性能指标	11
2.3 交叉口定时控制配时模型[2]	13
2.3.1 确定最佳周期	13
2.3.2 信号配时	14
2.4 本章小结	14
3 单交叉口多相位经典模糊控制	15
3.1 模糊控制的基本理论	15
3.1.1 模糊及模糊控制的概念	15
3.1.2 实现模糊控制的具体步骤	16
3.2 交叉口控制与模糊控制	18
3.3 单交叉口多相位经典模糊控制	19
3.3.1 多相位交通控制运行过程	19
3.3.2 模糊控制器的设计	20
3.3.3 仿真结果分析	25
3.4 本章小结	26
4 单交叉口多相位两级模糊控制	27
4.1 单交叉口交通信号的相位设置	27
4.2 两级模糊控制系统的设计	27
4.2.1 红灯相位选择模块	29
4.2.2 绿灯相位观察模块	31
4.2.3 决策模块	33
4.3 仿真结果分析	35
4.4 本章小结	36

5 基于遗传算法的单交叉口多相位模糊控制	37
5.1 遗传算法概述	37
5.1.1 遗传算法的基本原理	37
5.1.2 遗传算法的构成要素	37
5.1.3 遗传算法的应用步骤	38
5.2 引入学习过程的新遗传算法	38
5.2.1 引入学习过程的遗传算法的提出	39
5.2.2 学习过程的设计	40
5.2.3 仿真结果分析	41
5.3 遗传算法优化经典模糊控制器	42
5.3.1 基于遗传算法的模糊控制思想	42
5.3.2 模糊集合及控制规则的建立	43
5.3.3 基于遗传算法的优化	46
5.3.4 仿真结果分析	47
5.4 本章小结	48
6 总论	49
6.1 研究结论	49
6.2 研究展望	49
参考文献	50
攻读硕士学位期间发表学术论文情况	54
致 谢	55

Contents

1 Introduction.....	1
1.1 DEVELOPMENT OF CITY TRAFFIC CONTROL	1
1.2 MEANING OF STUDYING SINGLE-INTERSECTION CONTROL	3
1.3 STATUS OF SINGLE-INTERSECTION CONTROL	3
1.3.1 Timing control.....	5
1.3.2 Induction control.....	5
1.3.3 Intelligent control.....	6
1.4 OBJECTIVE AND CONTENTS	8
1.4.1 Objective	8
1.4.2 Contents	8
2 Basic theory of intersection control.....	9
2.1 MAIN PARAMETERS.....	9
2.2 MAIN PERFORMANCE FINGERS	11
2.3 MODEL OF TIMING CONTROL	13
2.3.1 Best Cycle length	13
2.3.2 Time assignment	14
2.4 SUMMARY	14
3 Multiphase single-intersection control based on classical fuzzy controller.....	15
3.1 BASIC THEORY OF FUZZY CONTROL	15
3.1.1 Conception	15
3.1.2 Process of implement.....	16
3.2 INTERSECTION CONTROL AND FUZZY CONTROL.....	18
3.3 MULTIPHASE SINGLE-INTERSECTION CONTROL BASED ON CLASSICAL FUZZY CONTROLLER	19
3.3.1 Operating process of multiphase control	19
3.3.2 Design of fuzzy controller	20
3.3.3 Simulating results.....	25
3.4 SUMMARY	26
4 Multiphase single-intersection control based on two-stage fuzzy controller.....	27
4.1 SET OF PHASE	27
4.2 DESIGN OF TWO-STAGE FUZZY CONTROLLER	27

4.2.1 Red light phasic selecting module	29
4.2.2 Green light phasic observing module	31
4.2.3 Decision-making module	33
4.3 SIMULATING RESULTS	35
4.4 SUMMARY	36
 5 Multiphase single-intersection control based on genetic algorithm(ga)	
and fuzzy control(fc)	37
 5.1 INTRODUCTION OF GA	37
5.1.1 Basic theory	37
5.1.2 Inscape	37
5.1.3 Process of implement	38
5.2 A NEW GA WHICH INQUIRED A LEARNING PROCESS	38
5.2.1 Propose of a new GA	39
5.2.2 Design of learning process	40
5.2.3 Simulating process	41
5.3 OPTIMIZATION OF FC BASED ON GA	42
5.3.1 FC based on GA	42
5.3.2 Fuzzy aggregation and control rules	43
5.3.3 Optimization	46
5.3.4 Simulating results	47
5.4 SUMMARY	48
 6 Conclusion	49
6.1 SUMMING-UP	49
6.2 PROSPECT	49
 Reference	50
 Released paper during the period of studying for master's degree ..	54
Thanks	55

厦门大学博硕士论文摘要库

1 绪论

1.1 城市交通控制技术发展概述

交通是人类生存和社会发展所必须进行的活动，衣食住行的行就是最基本的交通活动。交通的发展促进了人类社会的不断进步；社会的进步又促进了交通设施的建设、交通工具的改进。然而，随着机动车辆的迅速增加，人们在赚取由机动车辆所带来的巨额利润以及充分享受汽车巨大便利的同时，也越来越受到交通堵塞、交通事故频发、环境污染加剧和燃油损耗上升所带来的困扰。道路与车辆之间矛盾激化的原因是两者的特性存在较大差异^[1]，如表 1-1 所示。

表 1-1 道路与车辆的对比特性

道 路	车 辆
一般由国家和地方政府统一投资，投资单位单一化，受投资单位和国家财力限制，道路建设投资额不可能很大	个人或企业单位投资，投资单位多元化，不好限制，有可能大量投资
论证、审查、批准非常严格，周期长	购买手续简单，周期短
道路建设受土地利用、原材料、施工力量和经济力量的制约	购买车辆受货源和经济力量的限制
道路施工时间长	车辆批量生产，买来即可使用

从表中可以看出：车辆的需求增长速度无疑远远大于道路的供给。如何才能充分有效的利用现有道路资源，以最大限度地满足日益增长的交通(包括车辆、行人)的需要呢？道路交通控制技术的产生正是源于此。

一般来讲，道路交通控制技术包括两个主要部分：城市道路交通控制和高速公路交通控制。由于城市内的交通情况要远比高速公路复杂，有关城市交通控制技术的发展更为引人注目。

城市道路的特点是存在大量的平面交叉路口，不同方向的车流冲突也在此发生。研究城市道路交通时，重点应集中在交叉路口的交通特征上^[2]。交通信号控制根据控制范围的不同，可分为三种：单点控制、干线控制和区域控制，即“点控”、“线控”、“面控”。单点控制是线控和面控的基础，因此，本文以单交叉口

控制为研究对象,对自适应控制方法进行系统的研究,为线控和面控的研究打下了坚实的理论基础。

城市交通控制技术的发展与汽车的发展几乎是同步的。1914 年,第一台手工操作的电气照明信号灯出现在美国纽约市(美国联邦运输局(EHWA) 1985 年的报告)^[3],两年后这种信号灯被日本采用,七年后英国也采用了这种信号灯.世界上第一台用于街道交叉口交通控制的信号机于 1926 年诞生在英国,这是一种定周期的单点信号控制机。1930 年,美国研制成功了世界上第一台感应式交通信号控制机,这种感应式信号机采用的车辆检索器最初是橡皮管气压式,然后随着技术进步又出现了电磁感应式、超声波脉冲式、多普勒雷达式等。世界上第一个交通线控系统于 1917 年出现在美国盐湖城,之后这种系统在美国、英国和日本等国得到广泛的应用^[4, 5, 6, 7]。

随着交通信号感应式控制技术和计算机技术的飞速发展,计算机开始在交通控制中发挥主导作用。1952 年美国科罗拉州的丹佛市出现了采用模拟电子计算机的交通信号控制系统,1960 年加拿大多伦多市第一个将数字计算机用于区域交通信号控制系统。随着该系统的出现,相继在美国纽约、圣约瑟,英国的格拉斯歌和西伦敦以及日本的东京等地出现了以数字电子计算机为主控设备的区域交通控制系统。据统计,到 80 年代初期,世界上已经有 250 个城市建立了区域交通控制系统。

近几十年来,城市交通控制的规模在不断扩大,逐渐从单个信号交叉口的点控,单条干道的线控,发展到整个交通网络的面控。同时控制方式也从离线定周期控制发展到在线实时控制。这种实时控制系统可分为三代:第一代是多套配时方案选择式控制,即在计算机中存贮有适合各种交通情况的配时方案,计算机根据检测器送来的当时交通情况信息,从这些配时方案中选出一套控制信号灯的动作。这种控制的优点是计算机运算量小。第二代是配时方案产生式,与第一代不同的是,这种控制的配时方案不是选择的而是实时计算出来的,这种控制系统实时性比较强,但计算机运算量比较大。第三代是一周期一换的配时方案产生式,它不同于第二代是其每一周期信号参数均有更新,这是一种实时性非常强的控制系统。

在现代交通控制意义上,控制系统涉及到的因素已经比较复杂。一个车辆在

道路上运行时,对其运动情况的检测系统包括埋设在道路下或架设在道路边的车辆检测器以及摄像监视器。引导其运行的系统是信号灯。对车辆运行提供帮助信息的是可变标志系统,这些信息可以通过监控中心送下来。而监控中心通过分析有关检测器传来信息后才将这些信息传送下来。交通控制计算机系统,在监控中心,其不断处理来自各个方面的信息,日夜不停地工作。随着现代检测以及监视系统的不断发展,与以前相比,道路交通信号控制的复杂性也大大提高。

城市交通控制发展的历史沿革,如表 1-2 所示^[8]。

1.2 单交叉口控制研究的意义

我国目前的信号控制系统以单点控制为主,主线信号控制、区域信号控制较少。据全国城市交通管理“畅通工程”专家组调查,仅有不足 1%的信号交叉口进入主线信号控制或区域信号控制,99%以上的均是单点控制,并且,随着交通量的增加,单点控制信号交叉口的数量还在不断增加^[9]。可见,要提高我国城市道路交叉口的通行能力,首要任务是提高单点控制信号交叉口的通行能力。所以,把单点信号控制作为提高通行能力的有效措施。

此外,城市区域控制中还存在以下两个问题:

(1) 在现代城市交通中,存在一些交叉口,他们与周围的交叉口相距比较远,该路口的信号调整不会影响相邻路口的交通流;而相邻路口的交通信号的改变也不会影响本路口的交通状况。我们称这样的路口为孤立交叉口,如果对这些路口采用区域协调控制,可能不会达到很好的控制效果。国外实践表明:对于相距 1 Km,且需求较大的交叉口,采用单点控制的效果要明显优于区域控制^{[[10]]}。

(2) 对交通流变化比较大的交叉口,其区域控制效果就不如单点控制方式效果理想。一个主要原因是处于同一控制区域的所有路口都必须同周期,系统会对主道车流进行协调控制,另外一个原因是现有的 SCOOT 区域控制系统不能进行相序的变化。这样就无法避免地会出现一个方向绿灯时间无车或行人通过,而另一个方向车辆和行人却遇红灯等待现象。

因此,单交叉口的研究既是很必要的,也是很重要的^{[[11]]}。

1.3 单交叉口控制研究现状分析

单交叉口控制的发展经历了最简单的定时控制—感应控制—智能控制的过程。下面具体介绍各种控制方法的控制原理及优缺点。

表 1-2 城市交通控制的发展状况

形式	年份	国别	城 市	名 称	路口	周期	检测器	方式
点 控	1868	英国	伦 敦	燃气色灯	1	—	—	—
	1913	美国	克利夫兰	电力色灯	1	—	—	—
	1926	英国	各城市	单定点周期 自动信号机	1	定	—	自动
	1928	美国	各城市	感应式手动信号机	1	定	气压式	自动
线 控	1917	美国	盐湖城	手控干道协调控制	6	定	—	人工
	1922	美国	休斯敦	电子计时干道 协调控制	12	定	—	电动
	1928	美国	各城市	步进式定时 干道协调控制	多	变	—	电动
面 控	1952	美国	丹 佛	模拟计算机 交通信号控制系统	多	变	气压式	计算机
	1963	加拿大	多伦多	数字计算机集中协 调感应控制系统	多	变	电磁式	计算机
	1968	英国	各城市	TRANSY 系统	多	变	环形线圈	计算机
	1982	澳大利亚	悉 尼	SCATS 系统	多	变	环形线圈	计算机
	1980	英国	各城市	SCOOT 系统	多	变	环形线圈	计算机
	1985	意大利	都 灵	SPOT/UTOPIA 系统	多	变	环形线圈	计算机
	1989	法国	图卢兹	PRODYN 系统	多	变	环形线圈	计算机
	1995	德国	科 隆	MOTION 系统	多	变	环形线圈	计算机
	1996	美国	新泽西	OPAC 系统	多	变	环形线圈	计算机
	1996	美国	凤凰城	RHODES 系统	多	变	环形线圈	计算机
	1997	希腊	哈尼亚	TUC 系统	多	变	环形线圈	计算机

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库